

ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АСИНХРОНИЗИРОВАННЫХ ГИДРОГЕНЕРАТОРОВ В ПРОЕКТАХ ОАО «ИНСТИТУТ ГИДРОПРОЕКТ»



Абубакиров Ш. И.,
к. т. н., зам. главного инженера по технологическому оборудованию ОАО «Институт Гидропроект»

Введение

Современное состояние энергетического рынка приводит к росту потребности в гидроагрегатах, которые были бы способны очень быстро подавать энергию в энергосистему и также быстро забирать энергию из энергосистемы. Агрегаты с переменной частотой вращения, или асинхронизированные гидрогенераторы, являются достойным ответом на такие требования. Кроме того, в части повышения КПД, в сравнении с традиционными синхронными машинами, они предоставляют больше преимуществ с точки зрения динамической работы.

В гидроэнергетике применение асинхронизированных гидрогенераторов связано, как правило, с их установкой на гидроаккумулирующих электростанциях в качестве средств для повышения КПД и гибкости управления станцией.

В этой связи, говоря об асинхронизированных гидрогенераторах, нельзя не сказать несколько слов о развитии гидроаккумулирующих электростанций (ГАЭС) в мире и в России.

Графики потребления электроэнергии современных энергообъединений отличаются высокой степенью неравномерности, что создает трудности как с покрытием пиков, так и в еще большей степени с прохождением ночных провалов суточных графиков электрической нагрузки. Особенно актуальной является эта проблема для энергосистем европейской части России, где преобладают низкоманевренные блоки тепловых электростанций, теплоэлектроцентрали (ТЭЦ) и атомные электростанции. В этой ситуации ГАЭС обладают максимальными маневренными преимуществами. В отличие от других типов маневренных электростанций, которые могут покрывать только пиковые нагрузки, ГАЭС могут работать и в насосном режиме в провале графика электрической нагрузки, обеспечивая более благоприятный базисный режим тепловых и атомных электростанций. Дополнительно к основным функциям ГАЭС привлекаются к регулированию частоты и напряжения в электрической сети, а при необходимости и к несению функций быстро вводимого аварийного резерва.

Зарубежный опыт эксплуатации ГАЭС и прошедший период эксплуатации Загорской ГАЭС показал несомненную актуальность использования ГАЭС в энергосистемах Европейской части России.

Краткая информация о развитии ГАЭС в мире

Работа ГАЭС заключается в смене двух отдельных во времени режимов: потребления энергии, или заряда (насосный режим работы ГАЭС), и выработки электроэнергии, или разряда (генераторный или, как его иногда называют, турбинный режим работы ГАЭС).

Заряд ГАЭС осуществляется во время снижения электропотребления, т. е., как правило, ночью, а в отдельных случаях — в период дневного провала нагрузок. При разряде ГАЭС, происходящем в часы максимальной нагрузки, а также при аварии на других станциях или электрических сетях энергосистемы, осуществляется работа ГАЭС в турбинном (генераторном) режиме. Кроме того, ГАЭС могут работать в режиме как производства, так и потребления реактивной энергии.

Высокая маневренность ГАЭС определяется малым временем включения в работу, набора и сброса нагрузки. Так, пуск обратимых агрегатов ГАЭС из нерабочего состояния в турбинный режим с набором полной нагрузки составляет 2–3 минуты. Пуск этих агрегатов в насосный режим из нерабочего состояния в зависимости от мощности машин и способа пуска колеблется в пределах 5–6 минут. Время перевода из турбинного в насосный режим достигает 8–10 минут.

За рубежом гидроаккумулирование получило значительное развитие за последние два десятилетия, когда были построены наиболее крупные ГАЭС, данные о которых приведены в табл. 1. Развитие строительства ГАЭС во многих странах объясняется тем, что эти страны в значительной мере исчерпали свой экономический гидроэнергетический потенциал; немаловажную роль при этом играет продолжающийся рост пиковых нагрузок.

Табл. 1. Наиболее крупные ГАЭС мира

ГАЭС или ГЭС-ГАЭС	Страна	Год пуска в эксплуатацию 1-го агрегата	Мощность в турбинном режиме, МВт
Каневская	Украина	строится	3600
Гуанчжоу	КНР	1992	2400
Днестровская	Молдавия/Украина	строится	2268
Бат-Каунти	США	1985	2100
Маунт-Хоуп	США	строится	2000
Ладдингтон	США	1973	1872

Загорская ГАЭС



Окончание табл. 1

ГАЭС или ГЭС-ГАЭС	Страна	Год пуска в эксплуатацию 1-го агрегата	Мощность в турбинном режиме, МВт
Калаян	Филиппины	1982	1800
Динорвик	Великобритания	1984	1800
Гран-Мезон	Франция	1986	1800
Тяньхуаньпин	КНР	строится	1800
Блу Ридж	США	1990	1600
Рекун-Маунтин	США	1978	1600
Миньтан	Тайвань	1992	1600
Кайшадорская	Литва	1988	1600
Тамет III	Австралия	1972	1500
Саммит	США	строится	1500
Чюта-Пиастра	Италия	1980	1330
Такасегава 1 и 3	Япония	1980	1280
Окутатараги	Япония	1975	1240
Тамахаха	Япония	1982	1240
Ко-Труа-Пон I и II	Бельгия	1969, 1979	1237
Окуесино	Япония	1977	1200
Хелмс	США	1982	1200
Бленем-Гильбоа	США	1973	1200
Кастайк	США	1976	1200
Дракенсберг	ЮАР	1983	1200
Мюррей	Австралия	1989	1190
Синтоене	Япония	1972	1150
Вианден I и II	Люксембург	1964, 1973	1125
Имайчи	Япония	1986	1080
Гольдисталь	Германия	построена	1060
Маркерсбах	Германия	1979	1050
Лаго-Делио	Италия	1971	1040
Эдоло	Италия	1981	1040
Пьедиллаго	Италия	1984	1000
Презенцано	Италия	1987	1000
Нортфилд-Маунтин	США	1972	1000
Бэд Крик	США	1990	1000

В настоящее время ГАЭС эксплуатируются в 35 странах мира. Наиболее интенсивно гидроаккумулирование развито в США, Японии, Германии, Италии, Франции, Швейцарии. На долю этих стран приходится около 200 ГАЭС, или 60% их общего числа; в частности мощность ГАЭС США и Японии составляет около 40% общей мощности ГАЭС мира.

Сейчас в мире строится около 40 ГАЭС. Можно полагать, что к 2015 году их общая мощность существенно возрастет по сравнению с современной. Так же, как при строительстве ГЭС, отмечается тенденция к увеличению единичной мощности агрегатов ГАЭС, превышающей на ряде установок 300 МВт (табл. 2).

Табл. 2. Единичная мощность агрегатов наиболее крупных ГАЭС

ГАЭС или ГЭС-ГАЭС	Страна	Мощность агрегата в турбинном режиме, МВт	Количество гидроагрегатов, шт.	Максимальный напор, м
Бат-Каунти	США	457	6	329
Рекун-Маунтин	США	399	4	311
Имайчи	Япония	360	3	539
Хелмс	США	350	3	250
Самрангин	Республика Корея	347	2	355
Такасегава 1 и 3	Япония	336	4	241,7
Днестровская	Молдавия/Украина	33	7	155,4
Ладдингтон	США	329	6	110
Длоуге Стране	Чехия	325	2	545
Вайвенху	Австралия	325	2	116,2
Роки-Маунтин	США	320	3	225
Набара	Япония	310	2	340
Юктан	Швейцария	306	1	237
Гуанчжоу	КНР	306	8	520
Тяньхуаньпин	КНР	306	6	526

ГАЭС в России. Опыт проектирования и строительства

По проектам института «Гидропроект» (Москва), разработанным в период 1976–1978 гг., были введены в действие

две ГАЭС: Загорская ГАЭС (1987 г.); Кайшадорская (Круониская) ГАЭС (1992 г.).

На Загорской ГАЭС-1 общей мощностью 1200 МВт установлены шесть вертикальных обратимых агрегатов, состоящих из насос-турбин, изготовленных ПО ЛМЗ (С.-Петербург), и генераторов-двигателей, изготовленных ПО УЭТМ (Екатеринбург).

Проектная изученность ГАЭС институтом «Гидропроект» и бывшими его отделениями за последние, приблизительно, 20 лет представлена в **табл. 3**.

Табл. 3

Название ГАЭС	Проектная подготовленность
Загорская ГАЭС	Проект, 1976 г., «Гидропроект» (Москва). Действующая
Загорская ГАЭС-2	Проект, 2006–2007 гг., «Гидропроект» (Москва). Ведется строительство
Ленинградская ГАЭС	Проект, 1984 г., «Ленгидропроект» (С.-Петербург)
Карельская ГАЭС	ТЭО, 1992 г., «Ленгидропроект» (С.-Петербург)
Владимирская ГАЭС	Обоснование инвестиций, 2004 г., «Гидропроект», Москва
Волоколамская ГАЭС	ТЭР выбора площадки для строительства ГАЭС в «Мосэнерго», 1991 г., «Гидропроект», Москва
Центральная (Ржевская) ГАЭС	ТЭО, 1984 г., «Мособлгидропроект»
Волгоградская ГАЭС	Справка
Средневожская (Козловская) ГАЭС	ТЭО (без утверждения), 1991 г., «Самарагидропроект»
Средневожская (Камско-Польская) ГАЭС	ТЭО (без утверждения), 1990 г., «Самарагидропроект»
Лабинская ГАЭС	ТЭД о строительстве ГАЭС на территории РФ, 2002 г., «Гидропроект», Москва
Краснополянская ГАЭС	ТЭД о строительстве ГАЭС на территории РФ, 2002 г., «Гидропроект», Москва
Кармановская ГАЭС	ТЭД о строительстве ГАЭС на территории РФ, 2002 г., «Гидропроект», Москва
Кайшадорская (Круониская) ГАЭС (Литва)	Проект, 1976 г., «Гидропроект», Москва. Действующая
ГАЭС Тери (Индия)	Проект, 1992 г., «Гидропроект», Москва. Ведется строительство
Каневская ГАЭС (Украина)	Проект, 1985 г., «Укргидропроект». Действующая
Днестровская ГАЭС (Украина)	Проект «Укргидропроект». Действующая

Из представленных в таблице ГАЭС в настоящее время осуществляется выпуск рабочих чертежей и ведутся строительные работы на Загорской ГАЭС-2. Работа над проектом Загорской ГАЭС-2 ведется институтом «Гидропроект» с перерывами, начиная с 1989 года. В 2005 году было выпущено распоряжение о разработке «Обоснований инвестиций в строительство Загорской ГАЭС-2 на р. Кунье».

Техническим заданием заказчика — ОАО «Загорская ГАЭС» — на разработку «Обоснований инвестиций в строительство Загорской ГАЭС-2 на р. Кунье» было определено:

- Применение однотипного с Загорской ГАЭС оборудования с возможным улучшением энергетических и эксплуатационных показателей.
- Наличие общего нижнего бассейна для существующей Загорской ГАЭС и строящейся Загорской ГАЭС-2.
- Наличие отдельных верхних бассейнов существующей ГАЭС и строящейся ГАЭС-2.
- Наличие общего ОРУ с расширением существующего ОРУ-500 кВ.

Загорская ГАЭС-2 сооружается в непосредственной близости от находящейся в эксплуатации Загорской ГАЭС и будет иметь следующие основные водно-энергетические характеристики, которые представлены в **табл. 4**.

Табл. 4

Установленная мощность ГАЭС, МВт	не менее 840
Количество агрегатов, шт.	4
Уровни верхнего бассейна, примыкающего к бассейну ГАЭС-1, м	
нормальный НПУ	266,50
минимальный УМО	257,50
Уровни нижнего бассейна, общего с ГАЭС-1, м	
нормальный НПУ	162,50
минимальный УМО	153,50
Статические напоры (брутто), м	
максимальный	113,0
минимальный	95,0
Напоры нетто в турбинном режиме, м	
максимальный	110,0
расчетный	100,0
минимальный	92,0
Напоры нетто в насосном режиме, м	
максимальный	115,5
средний	105,0
минимальный	97,5
Продолжительность работы с полной мощностью, ч	
в генераторном режиме	3,5
в двигательном режиме	4,6

Подвод воды к агрегатам производится индивидуальными напорными водоводами диаметром 7,5 м и длиной около 900 м. На водоприемнике на входе в напорные водоводы устанавливаются индивидуальные аварийно-ремонтные затворы с гидроприводом.

Агрегаты Загорской ГАЭС-2 предназначены для работы в четырех режимах: турбинный, насосный и режим синхронного компенсатора с турбинным и насосным направлением вращения.

В соответствии с техническим заданием заказчика, в проекте «Обоснование инвестиций» в качестве основного варианта по конструкции и составу гидросилового оборудования были приняты насос-турбина и генератор-двигатель, аналогичные надежно работающему оборудованию Загорской ГАЭС. Однако, учитывая, что оборудование Загорской ГАЭС создавалось более 30 лет назад, оборудование для Загорской ГАЭС-2 должно быть разработано с улучшенными энергетическими и эксплуатационными характеристиками и по своим параметрам соответствовать мировому уровню гидроэнергетического машиностроения.

В проекте «Обоснование инвестиций» были рассмотрены варианты исполнения агрегата с синхронным и асинхронизированным генератором-двигателем (АСГД).

Гидросиловое оборудование Загорской ГАЭС-2

В основном гидросиловом оборудовании ГАЭС, которое включает в себя гидравлическую машину и электрическую машину, возможны различные варианты установки оборудо-

вания, в зависимости от выбранной на основании технико-экономического сравнения схемы соединения гидравлических и электрических машин.

В данном случае, в соответствии с рассматриваемой темой, нас более интересует использование асинхронизированного генератор-двигателя (АСГД). Необходимо отметить, что также возможны следующие варианты применения генераторов-двигателей:

- синхронного односкоростного генератор-двигателя;
- синхронного двухскоростного генератор-двигателя.

Для выбора варианта установки на ГАЭС генераторно-оборудования необходимы соответствующие проработки, анализ вариантов и их технико-экономическое сопоставление.

1. Вариант с установкой **односкоростного реверсивного генератор-двигателя** изучен достаточно полно. Известно, что они установлены на многих ГАЭС. В числе последних проектов, разработанных институтом «Гидропроект» с применением указанных машин, можно назвать Загорскую ГАЭС и Кайшадорскую (Круонискую) ГАЭС в Литве.

В «Обосновании инвестиций 2006 года Загорской ГАЭС-2» рассматривался вариант с генератор-двигателем синхронного трехфазного вертикального типа, предназначенным для непосредственного соединения с насос-турбиной. Параметры и стоимость генератор-двигателя использовались на основании технических предложений ОАО «Электросила» и ООО «Русэлпромминжиниринг».

При условии принятия в проектах варианта синхронного односкоростного генератор-двигателя он должен был быть спроектирован с увеличенным диапазоном нагрузок по реактивной мощности и полностью покрывать потребности энергосистемы. Основные технические характеристики этого генератора-двигателя должны соответствовать рекомендациям МЭК и находиться на уровне аналогичных генераторов ведущих зарубежных фирм.

2. Применение **синхронных двухскоростных генератор-двигателей с переключением числа полюсов** менее распространено, по сравнению с синхронными односкоростными генератор-двигателями. Указанные машины дороже, чем односкоростные, для изменения скорости вращения путем переключения числа полюсов требуется остановка агрегата. Однако двухскоростные генератор-двигатели будут эксплуатироваться с большим КПД, иметь улучшенный диапазон генерации реактивной мощности в турбинном и насосном режимах, улучшенные возможности к удержанию КПД, близкому к максимальному в проектном диапазоне изменения напоров и нагрузок. В практике института «Гидропроект» рассматривалось использование двухскоростных генератор-двигателей в качестве варианта в проекте ГАЭС Тери (Индия). Данный тип

генератор-двигателя в «Обосновании инвестиций 2006 года Загорской ГАЭС-2» не рассматривался.

3. Применение для ГАЭС **гидроагрегатов с переменной частотой вращения (n = var)** находит все более широкое распространение в мире. Это связано с получением существенных преимуществ — как в аспекте эксплуатации самих агрегатов, так и в аспекте повышения устойчивости энергосистем:

Увеличение средневзвешенного КПД и повышение эксплуатационной надежности или возможность изменения мощности при текущем значении напора — в насосном режиме.

- Увеличение средневзвешенного КПД и повышение эксплуатационной надежности или расширение диапазона регулирования по мощности — в турбинном режиме.
- Повышение средневзвешенного КПД полного цикла.
- Частичная нагрузка в насосном режиме 60–100%.
- Быстродействующее регулирование частоты в энергосистеме (как в генераторном, так и двигательном режиме).
- Снижение вибрации и механического износа — можно выбрать при разном напоре и расходе воды частоту вращения без вибрации гидроагрегата.
- Высокий уровень динамической устойчивости.

В практике проектирования последних лет «Гидропроект» столкнулся с выбором использования синхронных и асинхронизированных генератор-двигателей в 2006 году, приступив к работе над обоснованием инвестиций в Загорскую ГАЭС-2, в которой, наряду с синхронными односкоростными генератор-двигателями, рассматривалась возможность применения асинхронизированных генератор-двигателей.

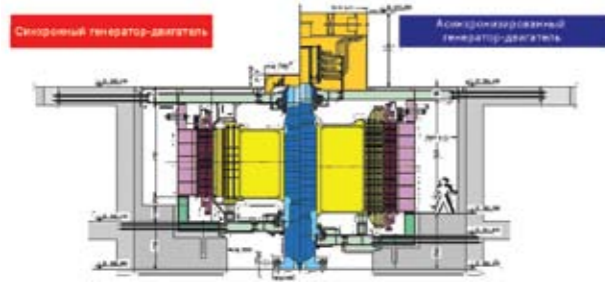
Начиная с конца 1980-х годов, указанные машины используются за рубежом, прежде всего и в основном в Японии, а в последние годы в Европе (**табл. 5**).

Не имея достаточной информации и опыта проектирования по генератор-двигателям, тем более по асинхронизированным, «Гидропроект» обратился к отечественным и зарубежным фирмам с просьбой предоставления кратких технико-коммерческих предложений по основному гидросиловому оборудованию для условий Загорской ГАЭС-2. К моменту выпуска «Обоснований инвестиций» предложения представили: «Электросила», «Русэлпромминжиниринг» (обе компании — синхронный генератор-двигатель); компания Va Tech Escher Wyss — в настоящее время ANDRITZ HYDRO GmbH (насос-турбина, односкоростной генератор-двигатель, асинхронизированный генератор-двигатель — АСГД). Фирма Va Tech Escher Wyss поставила насос-турбины и генератор-двигатели — два синхронных и два асинхронизированных — на ГАЭС Гольдисталь (Германия).

Табл. 5. Асинхронизированные генератор-двигатели на ГАЭС

ГАЭС	Дата пуска	Мощность в режиме двигателя, МВт	Мощность в режиме генератора, МВт	Скорость вращения, об/мин	Изготовитель
Ягасава-2	1990	53–82	85	130–156	Toshiba
Таками-2	1993	54–140	140	200–254	Mitsubishi
Окавачи-2	1993	331–397	385	330–390	Hitachi
Шибобара-3	1995	200–380	360	356–394	Toshiba
Окавачи-4	1995	240–400	385	330–390	—
Ягасава-3	1996	53–82	85	130–156	Toshiba
Оукиотсу	1998	230–340	345	408–450	Toshiba
Голдисталь	2003	300–351,6	285	280,7–346	VA Tech
Казуногава	2005	—	500	500 синхр.	—
Омаругава	2005	230–330	340	578–624	Mitsubishi

Ниже представлен поперечный разрез синхронного генератор-двигателя (с левой стороны) и соответствующей асинхронизированной машины с такой же мощностью и скоростью (с правой стороны), ГАЭС «Гольдисталь».



	Вес асинхронизированного генератор-двигателя	Вес синхронного генератор-двигателя
Статор	290 т	270 т
Ротор	480 т	420 т
Дополнительные части	80 т	70 т
Общий вес	850 т	760 т

Применение АСГД для Загорской ГАЭС-2 позволяет гидроагрегату работать с переменной частотой вращения в зависимости от действующего напора, что обеспечивает, в свою очередь, ряд его преимуществ по сравнению с СГД, указанными выше.

Из предварительного анализа возможного повышения эффективности насос-турбины в условиях Загорской ГАЭС-2 при $n = var$ следует, что повышение КПД, по данным ОАО «ЛМЗ», может составить ~ 1÷1,5% в насосном режиме и до 3÷5% в турбинном режиме (при этом повышение КПД в турбинном режиме происходит в основном при работе агрегата с частичными нагрузками). Для детального анализа возможностей такого гидроагрегата необходимо провести оптимизационные расчеты по всему циклу ГАЭС с учетом требований энергосистемы.

Однако при указанных преимуществах, как показали проектные проработки, установка АСГД требует больших, по сравнению с СГД, капиталовложений за счет значительной стоимости АСГД и системы возбуждения, а также некоторого увеличения объема строительных работ.

Здесь необходимо отметить, что в настоящее время институт «Гидропроект» смог подсчитать лишь предварительный экономический эффект от работы гидроагрегата в зонах более высоких КПД. Достоверно оценить в рамках проекта «Обоснования инвестиций» экономическую эффективность АСГД не представлялось возможным по ряду причин. Известно, что увеличение стоимости строительства должно окупаться дополнительными доходами. Энергоэкономическими расчетами было определено, что в результате перехода на АСГД и при достижении вышеуказанных уровней КПД оборудования общий выигрывает может составить порядка 12–13 млн кВт·ч в год. При сегодняшней конъюнктуре цен на энергетическом рынке он недостаточен для экономического обоснования АСГД.

Важнейшими преимуществами АСГД применительно к ГАЭС являются возможность регулирования мощности насоса и турбины, большее участие в балансе реактивных мощностей и т. д. При реформировании оптового энергетического рынка предполагалось, что в запущенной в 2006 году новой модели рынка НОРЭМ будут в полной мере учитываться маневренные возможности того или иного вида генерации. Введенный в действие сектор системных услуг в составе НОРЭМ

должен был функционировать на платной основе, причем пакет системных услуг должен был включать участие станции в первичном и вторичном регулировании частоты и активной мощности, регулировании напряжения и реактивной мощности, послеаварийном регулировании и др. Однако механизм и нормативы оплаты системных услуг до сих пор не разработаны, т. е. роль ГАЭС как общесистемных регуляторов оптового рынка остается недооцененной. Возможность стимулирования ГАЭС из тарифа системного оператора пока только обсуждается.

В этих условиях показать экономическую эффективность применения АСГД на Загорской ГАЭС-2 было весьма затруднительно. Исходя из очевидной необходимости минимизации стоимости проекта для обеспечения приемлемых показателей коммерческой эффективности, рассматривался только вариант использования традиционного оборудования.

Вопрос о возможности применения обратимых гидроагрегатов с переменной скоростью вращения обсуждался на заседаниях научно-технических советов ОАО «РАО ЕЭС» и «ГидроОГК» (ныне ОАО «РусГидро»). Последним заседанием бюро НТС ОАО «ГидроОГК» и секции «Гидроэлектростанции, гидротехнические сооружения и экология в гидроэнергетике» НТС ОАО «РАО ЕЭС» по рассмотрению «Обоснования инвестиций в строительство Загорской ГАЭС-2 на р. Кунье» рекомендован к установке на Загорской ГАЭС-2 синхронный генератор-двигатель мощностью 223/250 МВт с учетом модернизации. При принятии решения немаловажную роль имел срок ввода первых двух агрегатов в 2010 году.

Вышеуказанное не преуменьшает преимуществ АСГД перед синхронным генератор-двигателем, которые очевидны, а лишь подчеркивает необходимость оценки всех возможностей агрегата с переменной частотой вращения для выявления целесообразности его установки. В этих целях необходима разработка ряда документов, позволяющих эффективно решить внедрение высокоэффективного и высокоманевренного оборудования на базе обратимых агрегатов с переменной скоростью вращения:

- методики по выбору основного гидросилового и электромеханического оборудования ГАЭС;
- эталона технических требований на поставку основного гидросилового и электромеханического оборудования ГАЭС;
- критериев оценки системных услуг;
- методики обоснования эффективности использования АСГД.

О перспективах использования асинхронизированных гидрогенераторов на гидроэнергетических объектах России

В 2007 году ОАО «Инженерный центр ЕЭС» в лице его филиалов «Институт Гидропроект» и «Институт Ленгидропроект» с участием ОАО «Энергосетьпроект» закончили разработку Программы развития гидроэнергетики России на период до 2020 года и на перспективу до 2030 года. В программе предлагался широкий перечень ГАЭС, возможных к строительству в энергосистемах европейской части РФ в обозримой перспективе.

При разработке генеральной схемы размещения объектов электроэнергетики на период до 2020 года предлагаемые сроки ввода ГАЭС на новых площадках были скорректированы (табл. 6).

До 2015 года планируется ввести мощности на Загорской ГАЭС-2 и на Зеленчукской ГЭС-ГАЭС и первые два агрегата. До 2020 года планируются вводы Ленинградской ГАЭС

Табл. 6. Основные характеристики перспективных ГАЭС

п/п	Наименование ГАЭС	Местоположение	Установленная турбинная/насосная мощность, МВт	Расчетный напор, м	Проектная подготовленность
ОЭС Северо-Запада					
1	Ленинградская	Ленинградская область, р. Шапша	1560/1760 (390/440 — 1 очередь)	96,5	Проект, 1987 г. Начало строительство объектов подготовительного периода. Стройка законсервирована
2	Карельская	Республика Карелия, оз. Пяозеро	3170/3500 (760/840 — 1 очередь)	100	ТЭО, 1992 г.
ОЭС Центр — Средней Волги					
3	Загорская ГАЭС-2	Московская область, р. Кунья	840/1000	100	Разрабатывается ТЭО (проект) и рабочая документация
4	Курская	Курская область (район Курской АЭС), р. Сейм	465/510	80	Технико-коммерческое предложение, 2005 г.
5	Центральная (Ржевская)	Тверская область, р. Тудовка	3640/3820 (1300/1360 — 1 очередь)	100	Обосновывающие материалы, 1984 г.
6	Волоколамская	Московская область, р. Б. Сестра	660/857	80	Основные положения ТЭО, 1991 г.
7	Владимирская	Владимирская область, р. Клязьма	800/880	102	Обоснование инвестиций, 2004 г.
8	Средневолжская	Чувашская Республика, р. Волга	2536/2770	104,5	ТЭО, 1991 г. (первый этап — выбор площадки)
ОЭС Юга					
9	Лабинская	Краснодарский край, р. Лаба	600/630	200	Технико-коммерческое предложение, 2005 г.
10	Зеленчукская	Республика Карачаево-Черкессия, р. Б. М. Зеленчуки	140/150	232	Разрабатывается ТЭО (проект), первый этап — выбор варианта

(возобновлены проектные работы) и первоочередной ГАЭС в ОЭС Центра — Курской, Волоколамской, Владимирской. За 2020 годом планируется поочередное строительство Центральной ГАЭС.

Необходимо отметить, что использование АСГД не должно ограничиваться их установкой только на ГАЭС. Как показывают предварительные проработки, применение указанных гидрогенераторов может быть эффективно также на ГЭС, особенно на объектах с колебаниями напоров порядка 30–50%. К таким объектам можно отнести Рогунскую ГЭС в Таджикистане, по которой в настоящее время возобновлено строительство. Использование АСГД может быть эффективно также на реконструируемых ГЭС, при соответствующем обосновании. Необходимо рассматривать каждый случай применения АСГД индивидуально, конкретно определяя целесообразность использования варианта оборудования.

Принимая во внимание программу строительства в России ГАЭС и ГЭС, а также преимущества обратимых агрегатов с переменной скоростью вращения, имеется необходимость в освоении его производства на отечественных предприятиях. Для этого необходимо формирование программных задач и программы создания высокоэффективного отечественного гидросилового оборудования для ГАЭС и ГЭС с привлечением профильных институтов и предприятий-изготовителей.

Выводы

1. Применение на ГАЭС, как показывает зарубежный опыт, обратимых гидроагрегатов с переменной скоростью вращения имеет ряд преимуществ по сравнению с односкоростными обратимыми гидроагрегатами в части повышения эффективности аккумулирования энергии и выполнения задач системного регулирования.

2. Для возможности использования в проектах ГАЭС обратимых гидроагрегатов с переменной скоростью вращения в первую очередь необходимо решить вопрос принципиальной целесообразности установки указанных машин. В этих целях необходимо иметь:

- а) методику по выбору гидросилового и электромеханического оборудования;
- б) принципы:

- по выбору основных параметров ГАЭС: емкости бассейнов, установленной мощности;
- оценки экономической эффективности сооружений ГАЭС с учетом системных требований к ГАЭС по ее участию в регулировании частоты, активной и реактивной мощности в турбинном и насосном режимах, а также поглощения ночных избытков мощности в энергосистеме.

3. Проект энергетического объекта, разработанный на любой стадии, должен иметь экономическое обоснование его эффективности для инвестора. Применительно к ГАЭС в настоящее время это выполнить затруднительно, поскольку большинство услуг, оказываемых этой станцией энергосистеме, до сих пор не имеют экономической оценки (регулирование реактивной мощности, напряжения и частоты тока, системное резервирование мощности и др.). Оплачиваемая услуга — регулирование активной мощности в системе из-за фактического отсутствия двухставочного тарифа (провал и пик потребления) — имеет незначительную разницу в стоимости выдаваемой и потребляемой энергии, которая не покрывает всех затрат на функционирование станции.

По этой причине громадная энергетическая система европейской части страны, отличающаяся значительной неравномерностью суточного потребления энергии и мощности, практически не имеет наиболее эффективных системных регуляторов — ГАЭС. Есть надежда, что с введением рынка системных услуг ситуация нормализуется.

4. Использование асинхронизированных генераторов с регулированием частоты вращения на ГАЭС и ГЭС, работающих с переменными напорами, чрезвычайно эффективно позволяет повысить энергоотдачу оборудования, более эффективно использовать энергетические ресурсы водотока.

Предвидя широкое использование этого оборудования на новых и реконструируемых ГАЭС и ГЭС, необходимо освоить его производство на отечественных предприятиях. И очень желательно применить это оборудование на предполагаемых к вводу ГЭС и ГАЭС. В этих целях необходимо изыскать ресурсы для выполнения необходимых проектных, опытно-конструкторских и модельных работ, предшествующих началу изготовления оборудования.